

# Shock wave source with short focussing

**Publication number:** DE3727692 (A1)

**Publication date:** 1989-03-02

**Inventor(s):** REICHENBERGER HELMUT DIPL PHYS [DE]; HASSLER DIETRICH DIPL ING [DE]; NASER GEORG DIPL ING [DE] +

**Applicant(s):** SIEMENS AG [DE] +

**Classification:**

- **International:** A61B17/22; G10K11/30; A61B17/22; G10K11/00; (IPC1-7): A61B17/22; A61B8/00; G10K11/30

- **European:** A61B17/225P2; G10K11/30

**Application number:** DE19873727692 19870819

**Priority number(s):** DE19873727692 19870819

**Also published as:**

DE3727692 (C2)

**Cited documents:**

DE3328068 (A1)

DE3142639 (A1)

DE3120611 (A1)

DE8523024U (U1)

## Abstract of DE 3727692 (A1)

The invention starts from a device for the contactless crushing of a concretment (22) present in the body of a living being (23). A shock wave source (18) generates essentially level shock waves (p) which can be delivered to the concretment (22) via a coupling medium (35). An acoustic focussing device (20) focusses the shock waves (p) onto the concretment (22). According to the invention, the focussing device comprises a convex focussing liquid lens (20) having an inlet wall and an outlet wall (12, 66; 24, 62) between which there is a liquid (31) that readily conducts shock waves. This permits a large apex angle (alpha) with comparatively little attenuation.

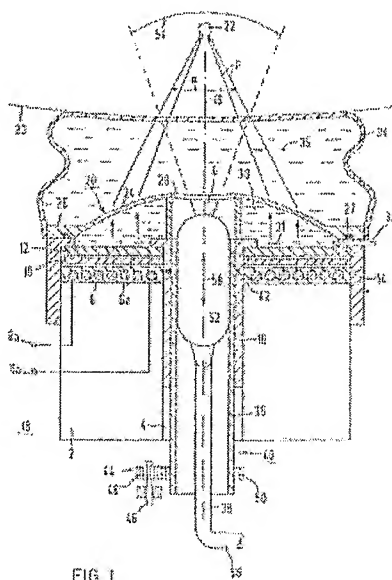


FIG 1

Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 37 27 692 C 2

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**A 61 B 17/225**  
A 61 B 8/00  
G 10 K 11/30

②1 Aktenzeichen: P 37 27 692.1-35  
②2 Anmeldetag: 19. 8. 87  
④3 Offenlegungstag: 2. 3. 89  
④6 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 2. 10. 96

DE 37 27 692 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

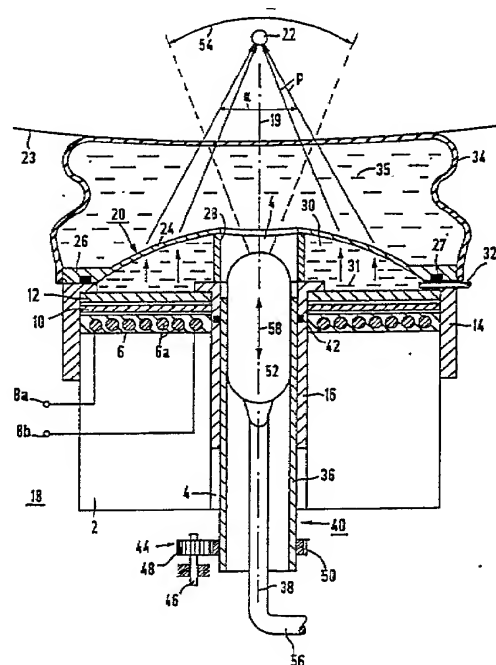
⑦2 Erfinder:  
Reichenberger, Helmut, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 8501  
Eckental, DE; Hassler, Dietrich, Dipl.-Ing., 8525  
Uttenreuth, DE; Naser, Georg, Dipl.-Ing. (FH), 8502  
Zirndorf, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 33 28 068 A1  
DE 31 42 639 A1  
DE 31 20 611 A1  
DE 85 23 024 U1

⑤4 Stoßwellenquelle mit kurzer Fokussierung

⑤7 Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern eines im Körper eines Lebewesens befindlichen Konkrements mit einer elektromagnetischen Stoßwellenquelle (18) mit einer Membran und einer Flachspule (6), welche Stoßwellenquelle (18) im wesentlichen ebene Stoßwellen erzeugt, die über ein Koppelmedium auf das Konkrement ausrichtbar sind, und mit einer akustischen Fokussierungsvorrichtung zum Fokussieren der Stoßwellen auf das Konkrement, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussierungsvorrichtung eine konvexe fokussierende Flüssigkeitslinse (20) mit einer Eintritts- und einer Austrittswandung (12, 24) umfaßt, zwischen denen sich eine Stoßwellen p gut leitende Flüssigkeit (31) befindet, wobei die Eintrittswandung (12) durch die Membran der elektromagnetischen Stoßwellenquelle (18) gebildet ist.



DE 37 27 692 C 2

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern eines im Körper eines Lebewesens befindlichen Konkrements mit einer insbesondere elektromagnetischen Stoßwellenquelle, die im wesentlichen ebene Stoßwellen erzeugt, die über ein Kopplmedium auf das Konkrement ausrichtbar sind, und mit einer akustischen Fokussierungsvorrichtung zur Fokussierung der Stoßwellen auf das Konkrement.

Eine Einrichtung der eingangs genannten Art ist aus der DE-OS 33 28 068 bekannt. Die ebenen Stoßwellen werden in mehreren sogenannten "Stoßwellenrohren" erzeugt und gemeinsam in einem Schnittpunkt fokussiert. Die Fokussierung erfolgt mit Hilfe einer oder mehrerer akustischer Linsen. Die Linsen sind bikonkav ausgebildet, d. h. sie bestehen aus einem Material, in dem die Schallgeschwindigkeit größer ist als die im Kopplmedium.

Soll nun eine solche Stoßwellenquelle mit kurzer Fokussierung versehen werden, d. h. soll der Fokusabstand kleiner sein als der Durchmesser der Stoßwellenquelle, ergeben sich einige Nachteile. Die bekannten Linsen besitzen nämlich vor allem im Randbereich erhebliche Dicken, was zu einer merklichen Dämpfung des akustischen Pulses führt. Die Folge davon ist ein Leistungsverlust in der Stoßwelle. Bei sphärischen Linsen treten auch nennenswerte Linsenfehler auf.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die eingangs genannte Einrichtung so auszugestalten, daß die Fokussierungsvorrichtung einen großen Öffnungswinkel und damit eine kurze Fokussierung, aber dennoch eine vergleichsweise geringe Dämpfung besitzt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß nach einem ersten Lösungsprinzip durch den Gegenstand des Patentanspruches 1 gelöst.

Als Vorteil ergibt sich eine geringe Dicke der Flüssigkeitslinse, woraus ein relativ gedrungener Aufbau der Zertrümmerungseinrichtung resultiert. Die erfindungsgemäße Zertrümmerungseinrichtung zeichnet sich infolge der des Umstandes, daß ihre Eintrittswandung gleich der Austrittsfläche der elektromagnetischen Stoßwellenquelle, also gleich deren Membran ist, durch eine besonders kurze Bauform der Zertrümmerungseinrichtung aus.

Nach einem zweiten Lösungsprinzip wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch den Gegenstand des Patentanspruches 3 gelöst.

Dabei wird infolge der Ausbildung der Eintritts- und Austrittswandung der Flüssigkeitslinse als konkave akustische Linsen die Dicke der Fokussierungsvorrichtung weiter verringert, und zwar wegen der zusätzlichen Linsenwirkung der Eintritts- und Austrittswandung.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, daß die Flüssigkeitslinse eine zentrale Öffnung zur Einführung eines Ultraschall-Abtastkopfes besitzt. Die zentrale Anordnung des Ultraschall-Abtastkopfes in der Flüssigkeitslinse ermöglicht eine exakte Ortung und Beobachtung des Konkrements.

Akustische Flüssigkeitslinsen sind übrigens aus der DE 31 20 611 A1 und der DE 31 42 639 A1 im Zusammenhang mit Vorrichtungen zur Abstrahlung und zum Empfang von Ultraschallwellen an sich bekannt.

Weiterhin ist in diesem Zusammenhang aus der DE 85 23 024 U1 ein Ultraschallwandler für die Beschallung von Gewebe mit einem piezoelektrischen, ebenen Wandler bekannt, der im wesentlichen ebene Wellen erzeugt. Eine akustische Linse, welche einen festen, er-

sten Teil mit festem Fokus und einen zweiten Teil aufweist, bei welchem es sich um eine Flüssigkeitslinse handelt, ist mit ihrem ersten Teil direkt an den Wandler gekoppelt. Die Flüssigkeitslinse ist im übrigen in den ersten, festen Teil der akustischen Linse integriert. Die Eintrittswandung der Flüssigkeitslinse wird dabei aber nicht von dem Wandler, sondern von dem ersten, festen Teil der akustischen Linse gebildet.

Weitere Ausbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und anhand von drei Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt einer Einrichtung zur Konkrementzertrümmerung mit zentraler Öffnung;

Fig. 2 einen Längsschnitt einer modifizierten Einrichtung, in der die Eintrittswandung der Flüssigkeitslinse die Metallmembran der Stoßwellenquelle ist und in der die Austrittswandung die Form einer plan-konkaven Linse besitzt; und

Fig. 3 einen Längsschnitt einer weiteren Einrichtung, in der die Flüssigkeitslinse in einem Abstand zur Stoßwellenaustrittsfläche angeordnet ist und in der die Eintritts- und Austrittswandung konkav ausgebildet sind.

In Fig. 1 ist mit 2 ein Spulenträger bezeichnet, der die äußere Form eines Zylinders besitzt. Im Spulenträger 2 ist zentral in Richtung der Längsachse eine zylinderförmige Öffnung 4 eingebracht. Der Spulenträger 2 besteht bevorzugt aus einem keramischen Material. An einer planen Seite des Spulenträgers 2 ist eine ebene Flachspule 6 befestigt. Die spiralförmigen, in einem Kunststoff-Guß untergebrachten Windungen 6a der Flachspule 6 nehmen die gesamte ebene Seite des Spulenträgers 2 ein. Die beiden elektrischen Anschlüsse der Flachspule 6 sind mit 8a und 8b bezeichnet. Die Flachspule 6 weist ebenso wie der Spulenträger 2 eine zentrale Öffnung 4 auf.

An der Flachspule 6 ist auf der dem Spulenträger 2 gegenüberliegenden Seite eine Isolierfolie 10 befestigt. Die Isolierfolie 10 weist ebenfalls eine zentrale Öffnung 4 auf. Sie ist bevorzugt auf die Flachspule 6 geklebt. Ohne jeden Abstand zur Isolierfolie 10 ist eine kreisringförmige metallische Membran 12 angeordnet; diese hat also ebenfalls eine zentrale Öffnung 4. Der enge Kontakt zwischen der Isolierfolie 10 und der Membran 12 wird in bekannter Weise durch einen Unterdruck sichergestellt. Die zentrale Öffnung 4 der Membran 12 ist genauso groß wie die zentrale Öffnung 4 des Spulenträgers 2, der Flachspule 6 und der Isolierfolie 10.

Der Spulenträger 2, die Flachspule 6 mit der aufgeklebten Isolierfolie 10 und die metallische Membran 12 sind an ihrem äußeren Rand mit einer ersten ringförmigen Einspannung 14 fest verrunden. In ähnlicher Weise sind diese Teile 2, 6, 10 und 12 an den zentralen Öffnungen 4 mit einer zweiten ringförmigen oder rohrförmigen Einspannung 16 fest verbunden. Die Einspannungen 14 und 16 stellen sicher, daß die metallische Membran 12 randseitig festgehalten ist.

Der Spulenträger 2, die Flachspule 6 mit der Isolierfolie 10, die metallische Membran 12 und die Einspannungen 14 und 16 sind das Kernstück einer elektromagnetischen Stoßwellenquelle 18. Die Zentralachse 19 der Stoßwellenquelle 18 fällt zusammen mit den Mittelpunkten der Öffnungen 4. Fließt ein sich schnell ändernder Strom (steiler Stromimpuls) über die Anschlüsse 8a und 8b durch die Flachspule 6, dann wird dadurch in der metallischen Membran 12 ein Strom induziert. Der Strom in der Flachspule 6 und der Strom in der Mem-

bran 12 erzeugen jeweils ein Magnetfeld derart, daß die metallische Membran 12 von der Flachspule 6 abgestoßen wird. Die metallische Membran 12 wird zwischen den Einspannungen 14 und 16 nach außen ausgelenkt und erzeugt damit einen akustischen Impuls, der sich anschließend zu einer Stoßwelle p formt.

Durch geeignete Gestaltung der elektrischen Seite der Stoßwellenquelle 18 ist erreicht, daß der akustische Impuls bereits zu Beginn sehr steil ist. So ist auf eine Vorlaufstrecke bis zu einer Fokussierungsvorrichtung 20 verzichtet. Die Fokussierungsvorrichtung 20 ist direkt an der Stoßwellenquelle 18 angeordnet.

Diese Fokussierungsvorrichtung ist hier eine plan-konvex geformte akustische Flüssigkeitslinse, die die im wesentlichen ebenen akustischen Impulse auf ein Konkrement 22 im Patienten 23 fokussiert, z. B. auf einen Nieren- oder Gallenstein. Die akustische Linse 20 besitzt ebenfalls eine zentrale Öffnung 4. Die plane rückseitige Fläche der akustischen Linse 20 wird von der metallischen Membran 12 gebildet. Die konvexe Fläche ist durch eine kalottenförmige Kappe 24 gebildet. Diese besteht aus einem formstabilen Kunststoff, bevorzugt aus Polystyrol. Es kommt auch Polymethylmetacrylat (PMMA) oder Polyäthylen in Betracht. Die Kappe 24 besitzt also ebenfalls eine zentrale Öffnung 4, die mit den anderen Öffnungen 4 fluchtet.

Die Kappe 24 geht randseitig in einen Anschlußflansch 26 über. Mit ihrem Anschlußflansch 26 ist die Kappe 24 an der ersten Einspannung 14 befestigt. Die Befestigung geschieht z. B. mit Hilfe von Schrauben (nicht gezeigt); die Kappe 24 kann jedoch auch mit dem Anschlußflansch 26 an die erste Einspannung 14 geklebt sein. Zweckmäßigerweise wird zur Abdichtung ein O-Ring 27 verwendet. Zwischen der zentralen Öffnung 4 der Kappe 24 und der zweiten Einspannung 16 befindet sich ein Rohr 28. Das Rohr 28 ist z. B. mit einem Ende mit der Kappe 24 und mit seinem anderen Ende mit der zweiten Einspannung 16 verklebt. Innerhalb der akustischen Linse 20 ist somit ein Innenraum 30 ausgebildet, der begrenzt ist von der Membran 12, der Kappe 24, dem Rohr 28 und den Einspannungen 14 und 16. Der Innenraum 30 ist über eine Leitung 32 mit einer Stoßwellen gut leitenden Flüssigkeit 31 füllbar. Es kann eine weitere Öffnung (hier nicht gezeigt) vorhanden sein, die einen Kreislauf der Flüssigkeit 31 erlaubt.

Die Abdichtung des Innenraums 30 ist hier, wie erwähnt, durch den O-Ring 27 gewährleistet, der sich in einer Nut im Anschlußflansch 26 befindet und zentral zur Achse 19 liegt.

Am Rand des Anschlußflansches 26 ist ein Ankoppelsack 34 befestigt. Der Ankoppelsack 34 ist mit einem Koppelmedium 35, z. B. mit einer Flüssigkeit wie entgastem Wasser, gefüllt. Er erlaubt eine gute akustische Ankopplung der Stoßwellenquelle 18 an das zu behandelnde Lebewesen 23.

Die Flüssigkeit 31 im Innenraum 30 der akustischen Linse 20 hat die Eigenschaft, daß ihre Schallgeschwindigkeit deutlich geringer ist als die Schallgeschwindigkeit von Wasser. Die Flüssigkeit ist bevorzugt eine halogenierte Kohlenwasserstoffverbindung, wie z. B. Tetrachlorkohlenstoff, oder ein komplett fluorierter Kohlenwasserstoff. Ebenso sind Silikone verwendbar. Wegen seiner neutralen Eigenschaften eignet sich besonders ein perfluorierter Kohlenwasserstoff.

Innerhalb der zweiten Einspannung 16 befindet sich eine rohrförmige Halterung (zylindrisches Rohrstück). Die Halterung 36 ist um ihre Längsachse 38 drehbar gelagert. Die Längsachse 38 fällt mit der Zentralachse

19 der Stoßwellenquelle 18 zusammen. Sie ist Teil einer flüssigkeitsdichten Drehdurchführung 40. Zur Drehdurchführung 40 gehören neben der Halterung 36 hauptsächlich noch eine Abdichtung 42 und ein Drehantrieb 44. Die Abdichtung 42 besteht aus einem O-Ring, der sich in einer Nut außen auf der zweiten Einspannung 16 befindet. Die Abdichtung 42 verhindert, daß Wasser aus dem Ankoppelsack 34 über die Drehdurchführung 40 austreten kann. Der Drehantrieb 44 setzt sich zusammen aus einer Antriebswelle 46, an deren Ende ein Zahnrad 48 befestigt ist, und aus einem Zahnkranz 50, der auf der Halterung 36 in gleicher Höhe wie das Zahnrad 48 befestigt ist. Der Zahnkranz 50 kann sich über eine volle Umfangslinie oder aber nur über einen Teil derselben erstrecken.

Die Drehdurchführung 36 ist gegen axiales Verschieben gesichert, was hier jedoch nicht weiter gezeigt ist.

In der Halterung 36 ist der Ultraschall-Abtast-Kopf 52 einer konventionellen Ultraschallsende- und -empfangseinrichtung flüssigkeitsdicht angeordnet. Der Ultraschallkopf 52 ist bevorzugt ein Sektorscan-Applikator. Der Winkel des Abtastsektors ist durch einen gekrümmten Doppelpfeil 54 angedeutet. Die Längsachse des Ultraschallkopfs 52 und die Zentralachse 19 der Stoßwellenquelle 18 fallen zusammen.

Der Ultraschallkopf 52 ist über eine elektrische Leitung 56 mit der Ultraschallsende- und -empfangseinrichtung verbunden. Endseitig steht der Ultraschallkopf 52 mit dem Koppelmedium 35 in Berührung. Der Ultraschallkopf 52 ist innerhalb der Halterung 36 in Richtung der Zentralachse 19 der Stoßwellenquelle 18 verschiebbar; dies ist durch einen geraden Doppelpfeil 58 angedeutet. Dazu kann der Ultraschallkopf 52 z. B. in einer (hier nicht gezeigten) weiteren Halterung befestigt sein, die ihrerseits in der Halterung 36 verschiebbar angeordnet ist.

Die in der Fig. 1 gezeigte Einrichtung ist in bekannter Weise an einem Haltearm oder Stativ befestigt, was hier jedoch nicht weiter dargestellt ist. Der Haltearm ermöglicht eine genaue Positionierung und Fixierung der Stoßwellenquelle 18 am Körper des Lebewesens 23.

Die dargestellte Ausbildung eignet sich vor allem für die Lithotripsie von Gallensteinen. Das ist bedingt durch den großen Öffnungswinkel  $\alpha$  der Stoßwellen und die zentrale Ortung.

Die durch die Öffnungen 4 bewirkte Einbuße an akustischer Leistung der Stoßwellenquelle 18 kann toleriert werden, da einerseits die zentrale Region der elektromagnetischen Quelle 18 relativ wenig zur gesamten abgegebenen Leistung beiträgt und da andererseits der zentrale Teil der Flüssigkeitslinse 20 am meisten dämpfend wirkt. Durch Verwendung eines Sektorscan-Applikators 52 ist eine genaue, hochaufgelöste Betrachtung des gesamten vor der Stoßwellenquelle 18 liegenden Gebietes sowie eine genaue Ausrichtung der Quelle 18 auf das Konkrement 22 möglich.

Die weiteren Vorteile dieser Ausbildung sind eine kompakte Bauform und eine exakte Ultraschall-Betrachtung des mit den Stoßwellen p behandelten Gebietes 22 direkt aus der Richtung dieser Stoßwellen p.

Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform einer elektromagnetischen Stoßwellenquelle 18 mit Fokussierungsvorrichtung 20. Der Aufbau der Stoßwellenquelle 18 ist schon bei Fig. 1 beschrieben. Jedoch fehlt hier gegenüber Fig. 1 die zentrale Öffnung 4 im Spulenträger 2, in der Flachspule 6, in der Isolierfolie 10 und in der metallischen Membran 12. Hier sind die Teile der Stoßwellenquelle 18 nur mit der äußeren ringförmigen Ein-

spannung 14 fest verbunden. An die elektromagnetische Stoßwellenquelle 18 ist auch hier, wie in Fig. 1, direkt die Fokussierungsvorrichtung 20 angekoppelt. Dabei ist die Eintrittswandung der Fokussierungsvorrichtung 20 gleichzeitig die Austrittsfläche der Stoßwellenquelle 18, nämlich die metallische Membran 12. Die Austrittswandung 62 der Fokussierungsvorrichtung 20 hat eine plankonkave Form. Die konkave Fläche der Austrittswandung 62 bildet gleichzeitig die konvexe Fläche der Flüssigkeitslinse, die durch den Innenraum 30 repräsentiert wird. Auch hier führt eine Leitung 32 in den Innenraum 30. Ebenso ist der Ankoppelsack 34 auch hier an der Austrittswandung 62 befestigt.

Als Material für die Austrittswandung 62 kommen bevorzugt Kunststoffe wie z. B. Polystyrol, Polymethylmetacrylat (PMMA) oder Polyäthylen in Frage. Die Schallgeschwindigkeit in diesen Materialien ist höher als die in Wasser, so daß die konkave Formgebung der Austrittswandung 62 diese zu einer fokussierenden Linse macht.

Es ergibt sich z. B. für die Fokussierungsvorrichtung 20 eine geringe Dicke  $d$  von nur 2,6 cm, wenn die Flüssigkeit im Innenraum 30 Tetrachlorkohlenstoff ist und die Austrittswandung 62, also die plankonkave Linse, aus Polymethylmetacrylat besteht. Dabei ist bei einer Fokussierungsweite  $f$  von z. B. 12,5 cm der Durchmesser 15 cm, wobei der Krümmungsradius der Linsen 62 12,5 cm ist.

Wenn in der Flüssigkeitslinse 20 ein perfluorierter Kohlenwasserstoff, z. B. vom Typ FC 70, eingefüllt ist, erreicht man in Verbindung mit PMMA bei einem Krümmungsradius von 18 cm und einer Brennweite  $f$  von ungefähr 11,5 cm eine Höhe  $d$  von nur 1,65 cm.

In Fig. 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Zertrümmerungseinrichtung mit großem Öffnungswinkel  $\alpha$  gezeigt. Die Stoßwellenquelle 18 entspricht der Ausführung, wie sie in Fig. 2 beschrieben ist. Jedoch ist hier die Fokussierungsvorrichtung 20 in einem gewissen Abstand  $a$  zur Austrittsfläche der Stoßwellen, nämlich der Membran 12, angeordnet. Zu dem Zweck ist die Stoßwellenquelle 18 mit ihrer ersten Einspannung 14 an einem Ende eines Rohres 64 innen befestigt. Am zweiten Ende des Rohres 64 ist innen die Fokussierungsvorrichtung 20 angeordnet.

Das Rohr 64 kann axial verschiebbar sein, was durch einen Doppelpfeil 65 angedeutet ist. Dadurch ist der Abstand  $a$  der Fokussierungsvorrichtung 20 zur Austrittsfläche 12 einstellbar.

Der infolge des Abstands  $a$  gebildete Innenraum 66 ist flüssigkeitsdicht. Er wird begrenzt von der Membran 12, einer Eintrittswandung 68 und der Innenwand des Rohres 64. Er ist mit der Koppelflüssigkeit, bevorzugt entgastem Wasser, gefüllt. Die Fokussierungsvorrichtung 20 besteht hier aus drei Linsen mit jeweils fokussierender Eigenschaft. Die Eintritts- und Austrittswandung 68 bzw. 62 haben jeweils die Form einer plankonkaven Linse. Ihre konkaven Flächen bilden den bi-konvexen Innenraum 30 der Flüssigkeitslinse. Der Innenraum 30 der Flüssigkeitslinse ist mit einem O-Ring 70 abgedichtet, der sich in einer zentralen Nut in der Berührungsfläche der beiden Wandungen 62 und 68 befindet. Die Wandungen 62 und 68 sind miteinander verschraubt, was hier durch eine Schraube 72 angedeutet ist. Es ist jedoch ebenso möglich, beide Wandungen 62 und 68 miteinander zu verkleben.

Zusätzlich zur Leitung 32 führt eine weitere Leitung 74 in den Innenraum 30 der Flüssigkeitslinse. Über diese Leitungen 32 und 74 wird die Flüssigkeit 31 kontrolliert.

D.h. der Innenraum 30 kann gefüllt oder entleert werden; die Flüssigkeit 31 kann entgast werden; oder eine Flüssigkeit 31 mit einer bestimmten, geregelten Temperatur wird über eine der Leitungen 32, 74 zugeführt.

Die erwähnte Temperaturregelung erfolgt bevorzugt in einem geschlossenen Kreislauf, der über die Leitungen 32 und 74 und den Innenraum 30 führt. In der Nähe des Innenraums 30 ist dann (hier nicht gezeigt) ein Temperaturfühler im Kreislauf angeordnet. Außerdem sind noch (hier nicht gezeigte) Kühl- oder Heizeinrichtungen vorhanden, so daß die Elemente einer Regeleinrichtung vorhanden sind.

Die Temperaturregelung der Flüssigkeit 31 kann statt über den erwähnten Kreislauf auch direkt durch Wärmeleitung erfolgen. Dazu ist (hier nicht gezeigt) ein Heiz- oder Kühlelement in der Nähe der Fokussierungsvorrichtung (Linse 20) angeordnet. Das Heiz- oder Kühlelement steht in Wärmekontakt mit der Flüssigkeit 31 im Innenraum 30.

Die Flüssigkeits-Regelung oder -Konstanthaltung ist deshalb erwünscht, weil die Brechzahl und die Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit 31 im Innenraum 30 temperaturabhängig sind. Durch eine bestimmte Änderung des vorgegebenen Wertes der Temperatur der Flüssigkeit 31 wird die Fokuslänge  $f$  um einen bestimmten Betrag verändert. Z.B. ist es möglich, durch eine Temperaturänderung von 20°C auf 30°C den Fokusabstand  $f$  um ca. 10% zu verkürzen.

Die in Fig. 3 gezeigte Fokussierungsvorrichtung 20 hat in einer bestimmten Ausbildung eine Höhe  $d$  von 1,1 cm. Bei dieser Ausbildung ist die Flüssigkeitslinse 20 mit Tetrachlorkohlenstoff gefüllt, und die Eintritts- und Austrittswandungen 68, 62 bestehen aus PMMA. Die Flüssigkeitslinse 20 hat einen Durchmesser von 15 cm und Krümmungsradien von 25 cm. Es ergibt sich dann eine Fokussierungsweite  $f$  von etwa 12 cm.

Die Merkmale der in den Fig. 1 bis 3 gezeigten Ausführungsbeispiele sind nicht auf die jeweiligen Beispiele beschränkt. So ist es z. B. möglich, auch in den Ausführungsbeispielen in Fig. 2 und 3 eine zentrale Öffnung 4 vorzusehen, in die ein Ultraschall-Abtastkopf 52 einführbar ist.

Die vorangehend beschriebene Zertrümmerungseinrichtung mit kurzer Fokussierung und großem Öffnungswinkel  $\alpha$  ermöglicht eine schonende Zerstörung nahe an der Körperoberfläche liegender Nieren- oder Gallensteine 22 mittels extrakorporaler Lithotripsie.

#### Patentansprüche

1. Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern eines im Körper eines Lebewesens befindlichen Konkrements mit einer elektromagnetischen Stoßwellenquelle (18) mit einer Membran (12) und einer Flachspule (6), welche Stoßwellenquelle (18) im wesentlichen ebene Stoßwellen erzeugt, die über ein Koppelmedium auf das Konkrement ausrichtbar sind, und mit einer akustischen Fokussierungsvorrichtung zum Fokussieren der Stoßwellen auf das Konkrement, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fokussierungsvorrichtung eine konvexe fokussierende Flüssigkeitslinse (20) mit einer Eintritts- und einer Austrittswandung (12, 24) umfaßt, zwischen denen sich eine Stoßwellen  $p$  gut leitende Flüssigkeit (31) befindet, wobei die Eintrittswandung (12) durch die Membran der elektromagnetischen Stoßwellenquelle (18) gebildet ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittswandung (24) selbst als eine akustische Linse ausgebildet ist.
3. Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern eines im Körper eines Lebewesens befindlichen Konkrements mit einer Stoßwellenquelle (18), die im wesentlichen ebene Stoßwellen erzeugt, die über ein Koppelmedium auf das Konkrement ausrichtbar sind, und mit einer akustischen Fokussierungsvorrichtung zum Fokussieren der Stoßwellen auf das Konkrement, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussierungsvorrichtung eine konvexe fokussierende Flüssigkeitslinse (20) mit einer Eintritts- und einer Austrittswandung (68, 62) umfaßt, zwischen denen sich eine Stoßwellen p gut leitende Flüssigkeit (31) befindet, wobei die Flüssigkeitslinse (20) im Koppelmedium (35) in einem Abstand (a) von der Austrittsfläche der Stoßwellenquelle (18) angeordnet und die Eintrittswandung (68) und die Austrittswandung (62) derart selbst als konkave akustische Linsen ausgebildet sind, daß die Flüssigkeitslinse (20) bikonvex ist.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (a) der Flüssigkeitslinse (20) zur Austrittsfläche der Stoßwellenquelle (18) einstellbar ist.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittswandung (24; 62) randseitig an der Stoßwellenquelle (18) durch einen Ring (14) gehalten ist.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in den Innenraum (30) der Flüssigkeitslinse (20) eine Leitung (32, 74) führt, über die die Flüssigkeit (31) kontrollierbar ist.
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Flüssigkeit (31) in der Flüssigkeitslinse (20) kontrollierbar und auf einen vorgegebenen Wert einstellbar ist.
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeitslinse (20) eine zentrale Öffnung (4) zur Einführung eines Ultraschall-Abtastkopfes (52) besitzt.
9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeitslinse (20) ein zentral angeordnetes, zylindrisches Rohrstück (36) besitzt, in das der Ultraschall-Abtastkopf (52) einführbar ist.
10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit (31) geringer ist als die Schallgeschwindigkeit des Koppelmediums (35).
11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Koppelmedium (35) entgastes Wasser und die Flüssigkeit (31) eine halogenierte Kohlenwasserstoffverbindung ist.
12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die halogenierte Kohlenwasserstoffverbindung ein perfluorierter Kohlenwasserstoff ist.
13. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schallgeschwindigkeit in der Eintritts- und Austrittswandung (68, 62) gleich oder größer als die Schallgeschwindigkeit im Koppelmedium (35) ist.
14. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Koppelmedium (35) Wasser ist, und daß eine der Wandungen (68, 62), bevorzugt die

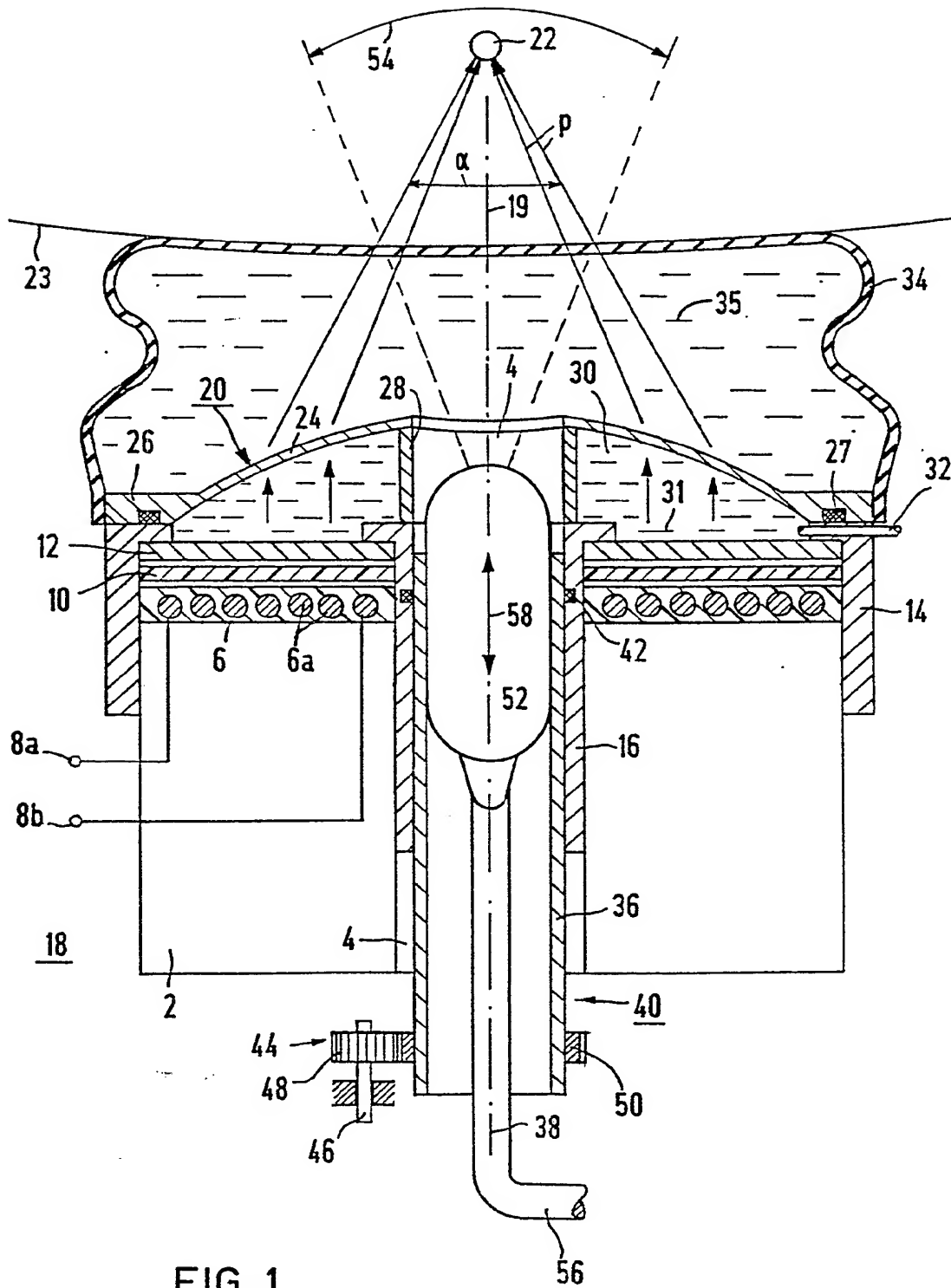
Austrittswandung (62), aus einem Kunststoff besteht.

15. Einrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Kunststoff Polystyrol ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---



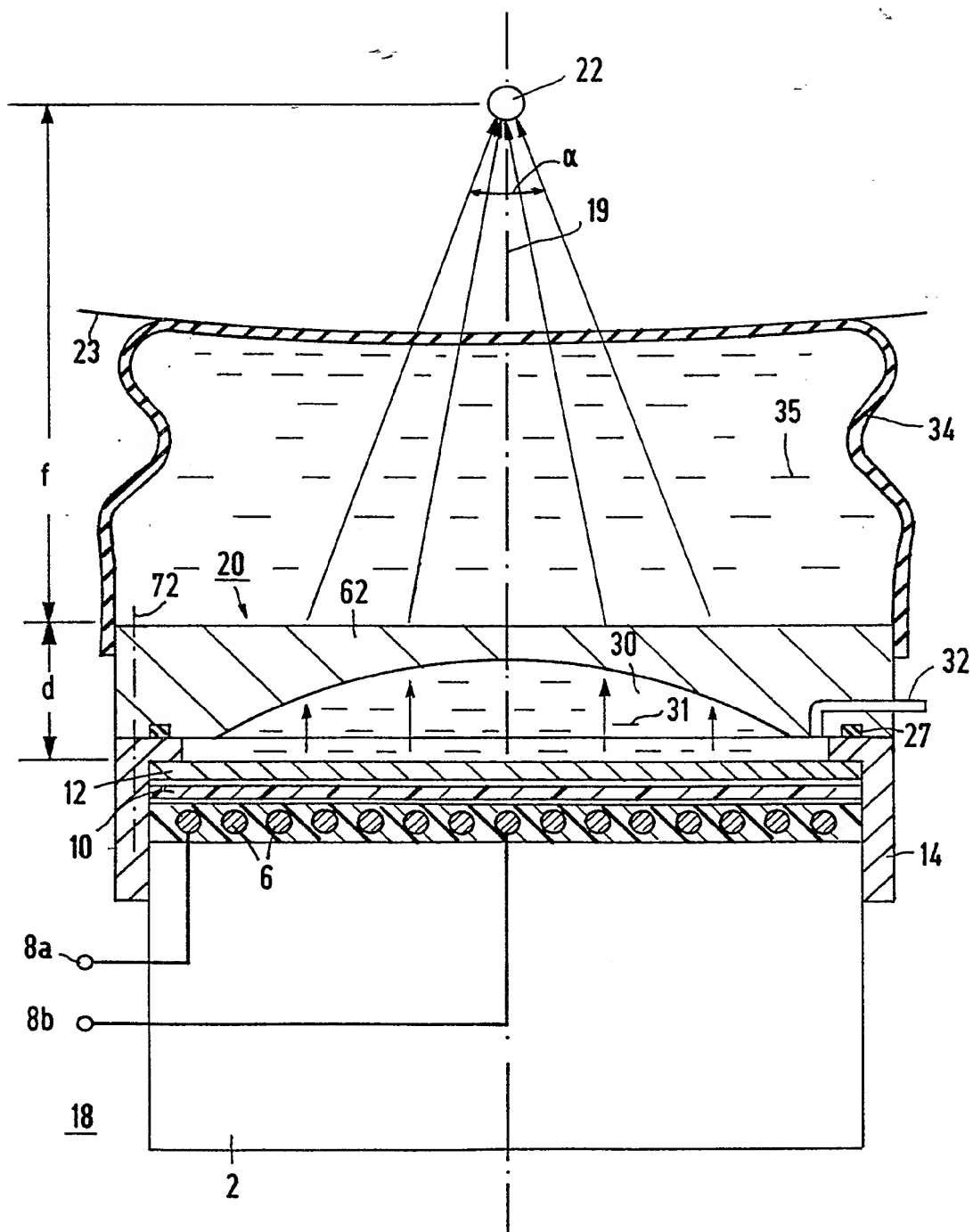


FIG 2



